



BANCO CENTRAL DO BRASIL

Trabalhos para Discussão

99

Adequação das Medidas de Valor em Risco na Formulação da Exigência de Capital para Estratégias de Opções no Mercado Brasileiro

*Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo e
Eduardo Facó Lemgruber
Setembro, 2005*

ISSN 1519-1028
CGC 00.038.166/0001-05

Trabalhos para Discussão	Brasília	nº 99	set	2005	P. 1-33
--------------------------	----------	-------	-----	------	---------

Trabalhos para Discussão

Editado pelo Departamento de Estudos e Pesquisas (Depep) – *E-mail*: workingpaper@bcb.gov.br

Editor: Benjamin Miranda Tabak – *E-mail*: benjamin.tabak@bcb.gov.br

Assistente Editorial: Jane Sofia Moita – *E-mail*: jane.sofia@bcb.gov.br

Chefe do Depep: Marcelo Kfoury Muinhos – *E-mail*: marcelo.kfoury@bcb.gov.br

Todos os Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil são avaliados em processo de *double blind referee*.

Reprodução permitida somente se a fonte for citada como: Trabalhos para Discussão nº 99.

Autorizado por Afonso Sant’Anna Bevilaqua, Diretor de Política Econômica.

Controle Geral de Publicações

Banco Central do Brasil

Secre/Surel/Dimep

SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – M1

Caixa Postal 8.670

70074-900 Brasília – DF

Telefones: (61) 3414-3710 e 3414-3567

Fax: (61) 3414-3626

E-mail: editor@bcb.gov.br

As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Ainda que este artigo represente trabalho preliminar, citação da fonte é requerida mesmo quando reproduzido parcialmente.

The views expressed in this work are those of the authors and do not necessarily reflect those of the Banco Central or its members.

Although these Working Papers often represent preliminary work, citation of source is required when used or reproduced.

Central de Informações do Banco Central do Brasil

Endereço: Secre/Surel/Diate

Edifício-Sede – 2º ss

SBS – Quadra 3 – Zona Central

70074-900 Brasília – DF

Telefones: (61) 3414 (....) 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406

DDG: 0800 99 2345

Fax: (61) 3321-9453

Internet: <http://www.bcb.gov.br>

E-mails: cap.secre@bcb.gov.br

dinfo.secre@bcb.gov.br

Adequação das Medidas de Valor em Risco na Formulação da Exigência de Capital para Estratégias de Opções no Mercado Brasileiro

Gustavo Silva Araújo^{*}

Claudio Henrique da Silveira Barbedo^{**}

Eduardo Facó Lemgruber^{***}

Resumo

Estratégias de opções são combinações de negócios com opções do mesmo ativo-objeto, ou posições simultâneas nestes derivativos e no ativo-objeto. Estas operações criam novas oportunidades de investimento e, conseqüentemente, diferentes exposições a risco, que levam a necessidades específicas de exigência de capital para instituições financeiras. Contudo, existe pouca concordância acerca dos métodos de cálculo do capital exigido para cobertura dos riscos das estratégias, de maneira que haja cobertura das posições especulativas e ao mesmo tempo não se penalize operações que visem diminuir o risco da posição. Este artigo tem por objetivo analisar métodos de exigência de capital para estratégias com opções de ações no mercado brasileiro. Seis métodos são avaliados segundo as regras preconizadas pelo Comitê de Basiléia, sendo um padronizado e os demais baseados em valor em risco.

Palavras-chave: Opção, Estratégias de Opções, VaR, Exigência de Capital
Classificação JEL: E58, G18

^{*} Departamento de Estudos e Pesquisas, Banco Central do Brasil. *E-mail:* gustavo.araujo@bcb.gov.br

^{**} Departamento de Estudos e Pesquisas, Banco Central do Brasil. *E-mail:* claudio.barbedo@bcb.gov.br

^{***} Professor do Coppead/UFRJ. *E-mail:* efaco@plugue.com.br

1. Introdução

Estratégias de opções são combinações de negócios com opções do mesmo ativo-objeto, ou posições simultâneas nestes derivativos e no ativo-objeto. Estas operações criam novas oportunidades de investimento e, conseqüentemente, diferentes exposições a risco, que levam a necessidades específicas de exigência de capital para instituições financeiras, ainda não regulamentadas no mercado brasileiro. O capital requerido por parte da autoridade monetária para estratégias deve observar a conexão do risco da opção com o risco das demais posições, de forma que seja eficiente para cobertura das posições especulativas e ao mesmo tempo não penalize operações que visem a diminuir o risco da posição.

Estrella *et al* (1994) comparam métodos padronizados de exigência de capital com metodologias de exigência de capital baseadas em VaR e verificam que estas últimas apresentam resultados sensivelmente melhores, com destaque para os métodos que envolvem simulação das variáveis. No Brasil, alguns estudos foram desenvolvidos sobre risco de carteiras de opções. Picanço (2000) testa modelos de valor em risco (VaR) para carteiras tipo *spread* borboleta, mas não encontra grandes diferenças entre metodologias paramétricas e de simulação. Donangelo, Silva e Lemgruber (2001) comprovam a dificuldade da aplicação da metodologia delta-gama para o VaR de um portfolio de opções no mercado brasileiro. Bezerra e Carmona (2001) comparam o método de simulação de Monte Carlo com a metodologia delta-gama e constataam que o primeiro obtém melhor desempenho. Barbedo e Araújo (2004) avaliam sete métodos de exigência de capital para carteiras de opções de ativos-objeto diferentes, segundo as regras preconizadas pelo Comitê de Basileia, sendo um padronizado e os demais baseados em valor em risco, e concluem que os resultados de VaR e EC são satisfatórios.

Estes trabalhos, de uma maneira geral, servem de subsídios para elaboração de uma exigência de capital, uma vez que, conforme indicado pelo Comitê de Basileia, este requerimento pode se basear no conceito de VaR. Porém, como estratégias de opções possuem características bastante complexas, faz-se necessário um estudo mais específico sobre estratégias no mercado brasileiro.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar metodologias de exigência de capital para cobertura do risco de mercado de estratégias de opções no Brasil. Os métodos de exigência de capital avaliados neste trabalho, os mesmos estudados em Barbedo e Araújo (2004), seguem as abordagens preconizadas pelo Comitê de Basileia: método padronizado de Basileia e métodos de exigência de capital baseados no conceito de valor em risco (VaR). Os modelos de VaR testados são Delta-Gama, Delta-Gama-Delta, Histórico, Histórico Híbrido e Monte Carlo.¹ Os resultados, de uma forma geral, não são satisfatórios, o que pode ser devido à grande variação da volatilidade implícita às opções no período estudado.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta a metodologia do trabalho. A Seção 3 apresenta as características da amostra e os testes para avaliação das metodologias. Os resultados obtidos são descritos e comentados na Seção 4, e a Seção 5 conclui o estudo.

2. Metodologias de Cálculo para Exigência de Capital

O Comitê de Basileia sugere duas alternativas básicas para cálculo do capital requerido para risco de mercado: a abordagem padronizada e a abordagem baseada em modelos internos de gestão de risco, os quais se baseiam no conceito de valor em risco (VaR).² Desta forma, as instituições financeiras que cumprem determinados requisitos podem calcular sua própria exigência de capital com base em certos parâmetros determinados pela autoridade monetária. Os demais estariam sujeitos aos requerimentos impostos pela abordagem padronizada que se caracteriza pela ausência de sensibilidade a alterações nos padrões de volatilidade e nas correlações dos fatores de risco.

2.1 Metodologia Padronizada

O método padronizado, especificado pelo Comitê de Basileia para o cálculo da exigência de capital para risco em opções, leva em consideração as medidas de

¹ Os modelos de VaR Histórico Simples e Histórico Estruturado, estudados em Barbedo e Araújo (2004), são iguais para estratégias de opções e são denominados, neste trabalho, de Histórico.

² Ver *Basel Committee on Banking Supervision* (1996-A).

sensibilidade delta (Δ), gama (Γ) e vega (v).³ Este método se baseia na expansão de Taylor como os modelos da abordagem delta-gama, que serão vistos na Seção 2.2.2. Porém, neste caso, há uma correção para o vega e os termos que possuem as gregas delta e gama não se baseiam diretamente na volatilidade do ativo-objeto:

$$EC_t = \left| \Delta_{t-1} \times S_{t-1} \times (R_g + R_e) \right| + \left| 0,5 \times \text{mínimo}(\Gamma_{t-1}, 0) \times [S_{t-1} \times (R_g + R_e)]^2 \right| + 0,25 \times v_{t-1} \times ISD_{t-1} \quad (1)$$

em que S_{t-1} é o preço do ativo-objeto e ISD_{t-1} é a volatilidade implícita, ambos do dia útil anterior.⁴ O risco específico (R_e) está associado a cada ação em particular, independentemente do que ocorre com o mercado. O risco geral (R_g) está ligado ao contexto do mercado, ou seja, à influência de fatores macroeconômicos. Os valores de R_e e R_g indicados por Basiléia são 8% cada, para carteiras não diversificadas.

Cada grega da estratégia é obtida somando-se os valores da respectiva grega de cada opção e do ativo-objeto, se ele fizer parte da carteira, ponderados pela quantidade individual de cada título na carteira. O termo gama só é incluído no cálculo da exigência de capital caso seja negativo, ou seja, nos casos em que a não linearidade da carteira potencializa possíveis perdas. Caso o gama da carteira seja positivo, a convexidade não contribui na diminuição do capital requerido, ao contrário do que ocorre no modelo Delta-Gama.

2.2 Metodologias baseadas em VaR

As metodologias baseadas em VaR sujeitam-se a determinados padrões preconizados pelo Comitê de Basiléia, tais como: horizonte de investimento de 10 dias; cálculo do VaR computado em bases diárias; coeficiente de segurança de 99%; período histórico de dados de no mínimo um ano. O cálculo da exigência de capital para o dia t é estabelecido por:⁵

$$EC_t = \max \left\{ \left(\frac{M}{60} \sum_{k=1}^{60} VaR_{t-k+1}^{10 \text{ dias}} \right) VaR_t^{10 \text{ dias}} \right\}, \quad (2)$$

³ Ver *Basel Committee on Banking Supervision* (1996-A), página 33.

⁴ Essa volatilidade é estimada pelas volatilidades implícitas provenientes das opções da amostra ponderadas pelos seus respectivos gamas.

⁵ Ver *Basel Committee on Banking Supervision* (1996-A).

onde M é o multiplicador da média, dos últimos 60 dias, do valor em risco para 10 dias úteis (VaR_t^{10dias}). Este multiplicador é definido com valor mínimo três. A média dos VaR_t^{10dias} dos últimos 60 dias não é referenciada na carteira atual e sim na composição da carteira de cada um dos 60 dias, de forma que a exigência de capital fique maior para instituições que apresentem grandes variações no risco de sua carteira.⁶ Esta fórmula deve considerar todas as operações de tesouraria da instituição financeira. Como este trabalho abrange apenas estratégias com opções, e considerando a impossibilidade de se compor carteiras que possuam opções com 60 dias úteis de negociação devido à curta maturidade das opções no mercado brasileiro – e principalmente porque estes derivativos variam suas características dia-a-dia – o primeiro termo não pôde ser aplicado para o cálculo da exigência de capital para opções.⁷ O VaR de 10 dias é calculado como o VaR de 1 dia multiplicado por raiz quadrada de 10, conforme indicado pelo Comitê.⁸ Desta forma, a equação utilizada para o cálculo da exigência de capital é:

$$EC_t = VaR_t^{1dia} \times \sqrt{10} \quad (3)$$

No cômputo do VaR de 1 dia avalia-se apenas a influência do fator variação do preço do ativo-objeto. Porém, conforme assinalado por Dowd (2002), outros fatores de risco poderiam ser considerados como a passagem do tempo no preço da opção e os riscos de variação da taxa de juros e da volatilidade. Cinco metodologias são selecionadas para estimação do VaR, duas baseadas em modelos históricos, duas baseadas na abordagem delta-gama e uma última que utiliza simulação de Monte Carlo.

A volatilidade utilizada nas metodologias que seguem a abordagem delta-gama e na Monte Carlo é a implícita de Black & Scholes (B&S) do dia útil imediatamente anterior de cada opção que compõe a estratégia. Oliveira (2000) sugere que a volatilidade implícita é mais eficiente que a baseada nos retornos do ativo-objeto para o cálculo do VaR de 1 dia. O fato de se utilizar a mesma opção para a estimativa da

⁶ Suponha que a instituição altere a composição de sua carteira configurando uma posição mais arriscada. Neste caso, prevalecerá o VaR do dia anterior na fórmula da EC. Caso ocorra o contrário, prevalecerá a média dos últimos 60 dias.

⁷ A variação diária das características das opções ocorre devido ao fato destes derivativos apresentarem decaimento de seu valor com o passar do tempo, *ceteris paribus*, e variarem de proximidade do dinheiro (*moneyness*).

volatilidade faz com que a obtenção simultânea de volatilidades implícitas distintas para o mesmo ativo-objeto a partir de diferentes opções deixe de ser um problema.⁹ Nas metodologias históricas, utiliza-se uma volatilidade histórica por questões conceituais.

Como em todas as metodologias a fórmula de B&S é empregada, seja para se precificar as opções ou para o cálculo das medidas de sensibilidade, delta, gama e vega, torna-se necessária a estimação das taxas de juros do ativo livre de risco até o vencimento das opções. Desta forma, as taxas de juros prefixadas para todos os prazos de vencimentos das opções são extraídas dos contratos de futuros de DI de um dia negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F). O método de interpolação empregado é o *flat forward*.¹⁰

2.2.1 Metodologias Históricas

As duas metodologias históricas empregadas se baseiam na distribuição empírica dos 500 retornos mais recentes dos ativos-objeto das opções.¹¹ A partir destes retornos, estimam-se os preços para o ativo-objeto do dia seguinte (S_{t+1}), calculado pela seguinte fórmula:

$$S_{t+1} = S_t e^{Ret}, \quad (4)$$

em que S_t é o preço do ativo-objeto, e Ret , o retorno aritmético da distribuição empírica. Desta forma, são gerados 500 preços diferentes para o ativo-objeto.¹² O objetivo é, juntamente com os parâmetros necessários, calcular cada preço de opção correspondente, através da fórmula de B&S. Para o cálculo da volatilidade histórica, utiliza-se a volatilidade condicional diária dos retornos do ativo (h_t) estimada por alisamento exponencial (EWMA), conforme a expressão $h_t = \sqrt{\lambda h_{t-1}^2 + (1 - \lambda) Ret_t^2}$, onde λ é o fator de decaimento exponencial, para o qual é usado o valor 0,94, sugerido

⁸ Este procedimento gera grandes distorções para opções, uma vez que envolve as suposições de que os retornos diários são independentes, não há reversão à média, tendência ou autocorrelação nos mercados.

⁹ Esta evidência empírica é denominada sorriso da volatilidade devido ao formato convexo do gráfico da curva de volatilidade implícita em relação ao preço de exercício das opções de mesmo ativo-objeto.

¹⁰ Esta metodologia para interpolações de taxas prefixadas é sugerida pelo RiskMetricsTM (1996) e vem sendo usada por diversas mesas de negociações de instituições financeiras, segundo Cunha Júnior e Lemgruber (2002).

¹¹ Pritsker (2001) exprime uma preocupação com metodologias históricas com janelas de dados pequenas. Segundo o autor, há uma tendência para que o modelo subestime o risco, devido à pouca quantidade de extremos na distribuição dos dados. Com isso, uma maior extensão de dados passados é necessária para a eficiência das metodologias.

¹² As séries não ajustadas são utilizadas toda vez que se trabalha com os preços do ativo-objeto. Para o cálculo dos retornos e da volatilidade, trabalha-se com as séries de preços ajustadas para proventos.

pelo RiskMetricsTM e amplamente utilizado na prática. O VaR é a diferença entre o preço da estratégia hoje e o preço estimado para o percentil de 1%.¹³

O primeiro modelo histórico consiste em inferir o percentil da distribuição de retornos da estratégia, de acordo com os possíveis valores do ativo-objeto. Cada preço estimado do ativo-objeto gera preços diferentes para cada opção, de acordo com o preço de exercício.

Há diversas críticas ao modelo histórico. Jorion (2001) aponta que os métodos baseados em dados históricos tratam os retornos como independentes e distribuídos identicamente, por atribuírem pesos iguais aos retornos passados, não levando em conta a variação da volatilidade com a passagem do tempo. Outro ponto se refere à seleção do tamanho da janela de dados devido à escolha entre o uso de uma amostra maior, que aumenta a precisão das estimativas, e o uso de janelas menores, que considera as informações mais recentes.

O segundo modelo, Histórico Híbrido, contorna a limitação de atribuir pesos iguais a dados passados ao atribuir pesos maiores, por um processo de alisamento exponencial, às observações mais recentes. Neste trabalho, o peso é calculado por intermédio da fórmula $\left[\frac{(1-\lambda)}{(1-\lambda^K)}\right] \times \lambda^n$, onde λ é o fator de alisamento, adotado como 0,97, K é o tamanho da janela histórica de retornos e n é o número de ordem dos retornos, do mais recente ao último.¹⁴ A fim de se calcular o VaR de 99% da carteira, ordenam-se de maneira crescente os retornos, acumulando-se os pesos até que o percentil 1% seja alcançado. O método interpolação linear é utilizado entre os retornos adjacentes com o intuito de se obter exatamente o percentil.

¹³ Para a janela utilizada, 500 observações, o percentil 1% é a sexta maior perda observada na amostra. Ver Hendricks (1996).

¹⁴ O retorno mais recente, por exemplo, tem $n = 0$ e peso de 0,03 para uma janela de 500 dias úteis. O valor de 0,97 para o λ é baseado no artigo original do método Histórico Híbrido, *The Best of Both Worlds*, dos autores Boudoukh, Richardson e Whitelaw (1998).

2.2.2 Metodologias Delta-Gama

Duas versões para a metodologia delta-gama são utilizadas: Delta-Gama e Delta-Gama-Delta.¹⁵ Para ambos os modelos, as gregas delta e gama são estimadas a partir da equação de Black & Scholes e a volatilidade empregada é a implícita da mesma opção do dia anterior.

O valor em risco para 1 dia das opções de compra pelo modelo Delta-Gama é obtido pela expansão de Taylor adaptada, para ajustar a correção da convexidade, pela variação do sinal da grega gama no segundo termo.

$$VaR = |\Delta(\alpha \times ISD \times S)| - \frac{1}{2} \Gamma(\alpha \times ISD \times S)^2, \quad (5)$$

onde α é o quantil desejado da distribuição normal padrão, que para o coeficiente de segurança de 99% é aproximadamente 2,33; ISD é a volatilidade implícita da opção pela fórmula de B&S e S é o preço à vista do ativo-objeto. Para Γ negativos, independente do sinal de Δ , o valor em risco aumenta devido à não linearidade (convexidade) das opções em relação a variações no preço do ativo-objeto. Desta forma, para posições vendidas em opções de compra, o segundo termo é positivo, o que gera um aumento do VaR, ocorrendo o oposto para posições compradas.

O VaR pela metodologia Delta-Gama-Delta também é obtido por expansão de Taylor através do cálculo dos dois primeiros momentos da variação do preço da opção.¹⁶ Neste caso, o termo relativo à convexidade sempre aumenta o VaR.

$$VaR = \alpha \sqrt{\Delta^2 ISD^2 S^2 + \frac{1}{2} \Gamma^2 [ISD^2 S^2]^2} \quad (6)$$

O delta e o gama também são obtidos pelo somatório dos valores da respectiva grega de cada opção ponderados pela quantidade individual de cada título na carteira, conforme explicitado na seção 2.1, observando se a posição é comprada, caso em que o sinal das gregas é positivo, ou vendida, em que o sinal é negativo. Para posições compradas, o VaR e a exigência de capital do modelo Delta-Gama-Delta são sempre

¹⁵ Para mais detalhes sobre estas metodologias, ver Jorion (2001).

¹⁶ Ver Hull (2002).

maiores que do Delta-Gama, enquanto que o oposto ocorre para as posições vendidas.^{17,18}

2.2.3 Metodologia de Simulação de Monte Carlo

O procedimento constitui em simular 10.000 preços do ativo-objeto (S_{t+1}), estimar os preços respectivos das opções através da fórmula de B&S, com a mesma volatilidade utilizada na simulação, calcular os 10.000 valores da carteira e seus respectivos retornos em relação a carteira do dia anterior e seleccionar o retorno referente ao percentil de 1%.

A metodologia de simulação de Monte Carlo utilizada se baseia no movimento geométrico browniano para obtenção do preço do ativo. Se o preço do ativo-objeto (S) segue essa modelagem, tem-se que:

$$S_{t+1} = S_t \exp\left[\mu_t - \frac{ISD_t^2}{2} + \varepsilon_{t+1}\right],^{19} \quad (7)$$

¹⁷ Na metodologia Delta-Gama o ajuste da convexidade diminui o VaR para opções compradas e aumenta o das opções vendidas, enquanto que na Delta-Gama-Delta, o ajuste sempre aumenta o VaR. Se o VaR calculado pela metodologia Delta-Gama-Delta é maior que o do Delta-Gama, então:

$$\begin{aligned} \alpha \sqrt{\Delta^2 \sigma^2 S^2 + \frac{1}{2} \Gamma^2 [\sigma^2 S^2]^2} &> |\Delta(-\alpha \sigma S)| - \frac{1}{2} \Gamma(-\alpha \sigma S)^2 \\ \Delta^2 \alpha^2 \sigma^2 S^2 + \frac{1}{2} \Gamma^2 \alpha^2 [\sigma^2 S^2]^2 &> \Delta^2 \alpha^2 \sigma^2 S^2 - |\Delta \alpha \sigma S| \Gamma(\alpha \sigma S)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2 \alpha^4 \sigma^4 S^4 \\ \frac{1}{2} \Gamma^2 \alpha^2 [\sigma^2 S^2]^2 &> -|\Delta \alpha \sigma S| \Gamma(\alpha \sigma S)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2 \alpha^4 \sigma^4 S^4 \quad (a) \end{aligned}$$

Da condição inicial do modelo Delta-Gama, temos que: $|\Delta(-\alpha \sigma S)| - 1/2 \Gamma(\alpha \sigma S)^2 > 0$.

Multiplicando-se por $-\Gamma \alpha^2 \sigma^2 S^2$, temos que: $-|\Delta \alpha \sigma S| \Gamma(\alpha \sigma S)^2 + 1/2 \Gamma^2 \alpha^4 \sigma^4 S^4 < 0$. Assim, o termo à direita da equação (a) também é negativo. Como o termo à esquerda é sempre positivo, verifica-se que o VaR calculado pela metodologia Delta-Gama-Delta é sempre maior que o do Delta-Gama para posições compradas.

¹⁸ Se o VaR calculado pela metodologia Delta-Gama-Delta é menor que o do Delta-Gama, então:

$$\begin{aligned} \alpha \sqrt{\Delta^2 \sigma^2 S^2 + \frac{1}{2} \Gamma^2 [\sigma^2 S^2]^2} &< |\Delta(-\alpha \sigma S)| - \frac{1}{2} \Gamma(-\alpha \sigma S)^2 \\ \Delta^2 \alpha^2 \sigma^2 S^2 + \frac{1}{2} \Gamma^2 \alpha^2 [\sigma^2 S^2]^2 &< \Delta^2 \alpha^2 \sigma^2 S^2 - |\Delta \alpha \sigma S| \Gamma(\alpha \sigma S)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2 \alpha^4 \sigma^4 S^4 \\ \frac{1}{2} \Gamma^2 \alpha^2 [\sigma^2 S^2]^2 &< -|\Delta \alpha \sigma S| \Gamma(\alpha \sigma S)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2 \alpha^4 \sigma^4 S^4 \quad (b) \end{aligned}$$

Como o Γ da posição vendida é negativo, o primeiro termo do lado direito da equação (b) é sempre positivo. Considerando que, para o VaR de 99%, α é 2,33, verifica-se que o segundo termo da equação do lado direito é sempre maior que o termo da equação do lado esquerdo. Logo, o VaR calculado pela metodologia Delta-Gama-Delta é menor que o do Delta-Gama para posições vendidas.

onde μ_t é o retorno logarítmico esperado do ativo, neste trabalho considerado como a taxa livre de risco para um dia (CDI Over divulgado pela ANDIMA), ISD_t é a volatilidade implícita do dia útil anterior de cada opção que compõe a estratégia, e ε_{t+1} é uma variável aleatória que possui uma distribuição normal com média 0 e variância ISD^2 .

A crítica a este método se constitui no fato de que a simulação impõe uma distribuição paramétrica, no caso a normal, para os retornos do ativo-objeto, que pode não ser verificada na prática. Além disso, deixa de considerar informações sobre a distribuição passada dos retornos dos ativos.

3. Amostra e Testes de Avaliação

Esta Seção apresenta o período, a amostra e as estratégias utilizadas. Apenas são utilizadas opções de Telemar e Petrobras, uma vez que são as que possuem maior liquidez no período. Procura-se avaliar estratégias que se adaptam ao mercado brasileiro, evitando-se, por exemplo, a escolha de alternativas que demandem opções de venda e que necessitem uma variedade grande de opções. O teste de Kupiec (1995) é empregado para a avaliação das metodologias que utilizam o conceito de VaR.

3.1 Amostra e Estratégias

A amostra inicial se constitui de preços de fechamento de ações e opções de compra das empresas Telemar e Petrobras, cotadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA).²⁰ Como as ações da empresa de telecomunicações só começaram a ser negociadas em 21/09/1998, esta passou a ser a data inicial para a formação do banco de dados. O período do estudo compreende doze vencimentos de opções no período de 19/02/01 a 16/12/02 e foi definido de forma que os ativos-objeto escolhidos possam formar um banco de dados com número suficiente de retornos para implantação das metodologias históricas. Na amostra, são incluídas apenas opções com valor de mercado maior que a diferença entre o preço da ação e o valor presente do preço de exercício, de

¹⁹ Ver Hull (2002).

²⁰ As cotações livres de ajustes e ajustadas para proventos das ações foram obtidas pelo sistema de informação ECONOMÁTICA. Os dados relativos às opções foram obtidos a partir do banco de dados da BOVESPA.

forma a reduzir o problema de assincronismo advindo do uso de preços de fechamento, e as que apresentam um nível mínimo de liquidez de 5 negócios por dia, mesmo critério adotado por Barros e Lemgruber (1997).²¹ Por esta razão, nem todas as observações de opções utilizadas na amostra são contíguas.

As estratégias avaliadas são: *call ratio*, borboleta com posição comprada, borboleta com posição vendida, financiamento e delta neutro. A quantidade de observações de cada estratégia é formada pelo somatório das observações de cada vencimento. Desta forma, a carteira de *call ratio*, por exemplo, é formada por 12 carteiras diferentes, uma para cada vencimento. Portanto, pode haver duas observações do mesmo dia para uma mesma carteira, o que não compromete a análise tendo em vista que o objetivo do estudo não é avaliar o comportamento das estratégias de opções por períodos. A Tabela 1 apresenta a constituição e o número de observações de cada carteira.

Tabela 1: Composição e Quantidade de Dias de Negociação das Estratégias Utilizadas para as Avaliações de VaR e Exigência de Capital

Estratégia	Composição	Quantidade VaR		Quantidade Exigência de Capital	
		Petrobras	Telemar	Petrobras	Telemar
Call Ratio	+C3+C2-C1	70	375	62	315
Borboleta Comprada	+C1-2*C2+C3	70	373	62	315
Borboleta Vendida	+2*C2-C1-C3	70	373	62	315
Financiamento	+S-C2	350	460	316	396
Delta Neutro	+S-(1/Δ)*C2	350	460	315	396
Observação: C1 representa a opção com menor preço de exercício, ou seja, a mais dentro-do-dinheiro, e assim por diante. S é o ativo-objeto e Δ é a sensibilidade do preço da opção (C) em relação ao preço do ativo-objeto (S).					

²¹ No mercado brasileiro, quanto mais dentro-do-dinheiro ou fora-do-dinheiro estão as opções, mais elas perdem liquidez.

3.2 Teste para Aferição das Metodologias

O Comitê da Basileia determina que a cada três meses seja verificada a quantidade de vezes em que, nos últimos 250 dias úteis, o VaR diário é superado pela perda verificada no dia.²² Entretanto, optou-se por avaliar o desempenho do VaR pelo teste de previsões de intervalos de confiança de Kupiec (1995), devido a não observância de dados de opção todos os dias, a curta maturidade das opções e vencimentos ocorridos somente a cada dois meses no período estudado.

O teste de Kupiec se baseia na frequência de extrapolação do VaR em uma amostra para uma dada carteira. O teste é conduzido com um valor crítico de 5%. Sob a hipótese nula, a proporção de exceções é igual ao nível de significância desejado, e tem uma distribuição chi-quadrada com 1 grau de liberdade. A região de número de exceções em que não se pode rejeitar a hipótese nula é determinada pela interseção da proporção de exceções e da função chi-quadrada. Para um dado tamanho da amostra e um dado nível de significância, obtém-se os limites inferior e superior dentro dos quais a hipótese nula não pode ser rejeitada. O problema deste teste, como apontado por Kupiec (1995), é seu baixo poder para amostras pequenas, ou seja, este teste tem uma alta probabilidade de aceitar a hipótese nula quando ela é falsa em amostras com número de observações limitado, como é o caso de algumas carteiras deste estudo.²³

4. Resultados

O VaR diário de 1% é comparado com a perda diária, resultado da diferença entre o valor da opção do dia anterior e do dia corrente. Este VaR é gerado a partir da volatilidade estimada com base no dia anterior, enquanto que a perda é influenciada pela volatilidade corrente. No caso da exigência de capital, compara-se o valor calculado com as observações diárias de retornos de 10 dias úteis, o que pode gerar um aglomerado de exceções, na medida em que um retorno diário extremo tem seus efeitos estendidos pelos dez dias úteis subsequentes. Este fato é ainda mais relevante com carteiras compostas por ativos de elevado risco, tais como opções.

²² Ver *Basel Committee on Banking Supervision* (1996-B).

²³ Para mais detalhes do teste, ver Kupiec (1995).

Para a comparação das metodologias, são apresentadas, para as estratégias de cada ativo-objeto, uma tabela de proporção de exceções do VaR de 1 dia, com o teste de Kupiec (Tabelas 2 e 3), e uma de proporção de exceções de exigência de capital em relação aos retornos de 10 dias (Tabelas 4 e 5). Além disso, há uma tabela de avaliação de exigência de capital (Tabela 6), com o propósito de se avaliar, quando há exceção, o quanto as perdas ultrapassaram a exigência de capital (esta medida é doravante denominada perdas excedentes). Nas tabelas, o VaR e a exigência de capital estão expressos em percentual do montante da carteira. São apresentadas ainda, para opções de Telemar, as tabelas de média e desvio-padrão geral das exigências de capital (Tabela 7), e de variação da volatilidade implícita no período estudado (Tabela 8), a fim de permitir uma análise mais específica dos dados.

O método padronizado é, na maioria das vezes, mais conservador que o Delta-Gama para todas as estratégias, uma vez que 16% do valor do ativo-objeto, valor em que o primeiro se baseia, é em média o dobro do VaR do ativo-objeto, valor no qual a metodologia Delta-Gama se fundamenta.

Tabela 2 – Proporção de Exceções de VaR de 1 dia, com Nível de Confiança de 99%, e Resultado pelo Teste de Kupiec, para cada Metodologia Aplicada às Carteiras de Estratégias de Petrobras

Estratégias	Nº de Observações	Metodologias – Proporção de Exceções									
		Delta-Gama	Kupiec	Delta-Gama-Delta	Kupiec	Histórico	Kupiec	Histórico Híbrido	Kupiec	Monte Carlo	Kupiec
Call Ratio	70	24,29%	R	17,14%	R	31,43%	R	31,43%	R	24,29%	R
Borboleta Comprada	70	18,57%	R	28,57%	R	11,43%	R	11,43%	R	21,43%	R
Borboleta Vendida	70	27,14%	R	21,43%	R	32,86%	R	34,29%	R	24,29%	R
Financiamento	350	6,86%	R	9,14%	R	3,71%	R	5,14%	R	6,29%	R
Delta Neutro	350	18,86%	R	27,71%	R	6,00%	R	7,71%	R	20,86%	R

Tabela 3 – Proporção de Exceções de VaR de 1 dia, com Nível de Confiança de 99%, e Resultado pelo Teste de Kupiec, para cada Metodologia Aplicada às Carteiras de Estratégias de Telemar

Estratégias	Nº de Observações	Metodologias – Proporção de Exceções									
		Delta-Gama	Kupiec	Delta-Gama-Delta	Kupiec	Histórico	Kupiec	Histórico Híbrido	Kupiec	Monte Carlo	Kupiec
Call Ratio	374	22,79%	R	13,40%	R	13,94%	R	14,48%	R	27,61%	R
Borboleta Comprada	373	7,51%	R	13,14%	R	4,83%	R	5,63%	R	7,77%	R
Borboleta Vendida	373	27,35%	R	12,60%	R	26,81%	R	27,35%	R	20,38%	R
Financiamento	460	4,57%	R	7,17%	R	3,04%	R	4,13%	R	6,09%	R
Delta Neutro	460	16,96%	R	22,83%	R	10,87%	R	16,09%	R	13,04%	R

Tabela 4 – Proporção de Exceções de Exigência de Capital em relação aos Retornos de 10 dias, para cada Metodologia, Aplicada às Estratégias de Petrobras

Carteiras	Nº de Observações	Metodologias – Proporção de Exceções					
		Delta-Gama	Delta-Gama-Delta	Histórico	Histórico Híbrido	Monte Carlo	Padronizado
Call Ratio	62	32,26%	22,58%	38,71%	38,71%	33,87%	25,81%
Borboleta Comprada	62	0,00%	4,84%	3,23%	1,61%	8,06%	0,00%
Borboleta Vendida	62	32,26%	25,81%	40,32%	43,55%	29,03%	25,81%
Financiamento	316	5,70%	8,54%	4,75%	8,23%	8,23%	1,90%
Delta Neutro	315	15,19%	20,25%	7,91%	9,81%	20,25%	2,85%

Tabela 5 – Proporção de Exceções de Exigência de Capital em relação aos Retornos de 10 dias, para cada Metodologia, Aplicada às Estratégias de Telemar

Carteiras	Nº de Observações	Metodologias – Proporção de Exceções					
		Delta-Gama	Delta-Gama-Delta	Histórico	Histórico Híbrido	Monte Carlo	Padronizado
Call Ratio	315	21,66%	7,01%	18,15%	17,52%	31,53%	15,92%
Borboleta Comprada	315	2,22%	7,30%	2,22%	4,13%	4,13%	0,95%
Borboleta Vendida	315	18,73%	6,67%	32,38%	33,33%	20,95%	11,11%
Financiamento	396	5,05%	6,06%	3,03%	7,07%	7,07%	4,04%
Delta Neutro	396	13,38%	18,69%	10,35%	13,64%	13,13%	4,55%

Tabela 6 – Diferença Percentual Máxima e Média entre Perdas e Exigência de Capital prevista por cada modelo, segundo as estratégias de opções do ativo-objeto Telemar

Estratégias	Métodos	Exceções	Média	Máximo
Call Ratio	Delta-Gama	21,6%	32,00%	160,61%
	Delta-Gama-Delta	7,01%	19,07%	74,24%
	Histórico	18,1%	30,83%	160,42%
	Histórico Híbrido	17,5%	31,95%	160,42%
	Monte Carlo	31,5%	70,36%	2080,00%
	Padronizado	15,9%	20,07%	94,98%
Borboleta Comprada	Delta-Gama	2,22%	10,52%	20,64%
	Delta-Gama-Delta	7,30%	18,85%	40,07%
	Histórico	2,22%	84,80%	400,00%
	Histórico Híbrido	4,13%	53,99%	400,00%
	Monte Carlo	4,13%	25,24%	64,81%
	Padronizado	0,95%	14,59%	30,90%
Borboleta Vendida	Delta-Gama	18,7%	49,69%	527,27%
	Delta-Gama-Delta	6,67%	23,50%	92,90%
	Histórico	32,3%	53,42%	525,00%
	Histórico Híbrido	33,3%	53,49%	525,00%
	Monte Carlo	20,9%	57,72%	772,10%
	Padronizado	11,1%	25,59%	102,59%
Financiamento	Delta-Gama	5,05%	3,66%	10,07%
	Delta-Gama-Delta	6,06%	4,18%	11,35%
	Histórico	3,03%	4,00%	7,09%
	Histórico Híbrido	7,07%	4,52%	13,73%
	Monte Carlo	14,3%	3,61%	11,06%
	Padronizado	4,04%	3,13%	8,67%
Delta Neutro	Delta-Gama	13,3%	3,99%	14,79%
	Delta-Gama-Delta	18,6%	4,00%	16,53%
	Histórico	10,3%	4,46%	15,88%
	Histórico Híbrido	13,6%	5,19%	19,39%
	Monte Carlo	13,1%	3,68%	17,38%
	Padronizado	4,55%	2,82%	7,09%

Tabela 7 - Média Geral e Desvio-Padrão Geral das Exigências de Capital Previstas por cada Metodologia para as Estratégias de Opções de Telemar

Métodos	Call Ratio		Borboleta C		Borboleta V		Financiamento		Delta Neutro	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Delta-Gama	149,58%	694,16%	426,59%	1718,3%	184,19%	675,60%	11,33%	4,80%	3,93%	3,04%
Delta-Gama - Delta	191,84%	787,65%	316,65%	1232,1%	316,65%	1232,1%	9,86%	4,74%	2,39%	1,85%
Histórico	245,73%	651,29%	650,24%	2235,6%	228,12%	1052,6%	13,44%	4,84%	7,31%	7,05%
Histórico Híbrido	241,25%	696,10%	505,95%	1438,2%	214,48%	1050,8%	12,35%	5,68%	6,08%	6,42%
Monte Carlo	114,84%	298,50%	458,84%	1631,8%	201,38%	884,59%	12,53%	6,16%	6,70%	6,38%
Padronizado	161,38%	528,53%	536,18%	2597,2%	257,34%	1130,1%	11,13%	3,34%	8,04%	4,85%

Tabela 8 - Média Geral da Diferença Percentual entre duas Volatilidades Implícitas Consecutivas para Todos os Vencimentos, para as Opções de Telemar

Vencimento	K menor		K intermediário		K maior	
	Média	Máximo	Média	Máximo	Média	Máximo
19/fev/01	26,24%	142,64%	7,52%	18,03%	5,23%	9,60%
16/abr/01	9,59%	19,40%	2,61%	12,91%	2,49%	8,06%
18/jun/01	25,42%	85,67%	6,55%	11,93%	5,69%	10,46%
20/ago/01	10,21%	13,84%	6,58%	12,40%	4,43%	11,16%
15/out/01	8,53%	13,88%	8,78%	10,60%	6,29%	7,19%
17/dez/01	5,58%	19,11%	6,66%	21,37%	4,33%	12,83%
18/fev/02	35,91%	35,91%	28,59%	28,59%	1,56%	1,56%
15/abr/02	15,38%	43,99%	2,65%	10,01%	4,13%	13,13%
17/jun/02	10,60%	33,04%	5,70%	11,44%	3,69%	9,91%
19/ago/02	9,62%	17,20%	9,11%	25,28%	6,07%	10,84%
21/out/02	14,91%	54,32%	8,08%	15,54%	4,97%	10,77%
16/dez/02	15,99%	58,67%	8,17%	15,14%	3,68%	8,43%

4.1. Call Ratio (posição vendida)

Nesta estratégia, o investidor espera que o ativo-objeto se mova acentuadamente em qualquer direção e por isso, é classificada como estratégia de compra de volatilidade. Os resultados para o VaR apresentam percentual de exceções rejeitado pelo teste de Kupiec em todas as metodologias, com proporções de exceções altas para as estratégias de ambos os ativos-objeto. Em relação à exigência de capital, as

metodologias também produzem resultados insatisfatórios. Dentre todos os métodos, o Delta-Gama-Delta apresenta os melhores resultados, seguido do Padronizado. Os históricos obtêm desempenhos semelhantes entre si, o que é ratificado pela Tabela 6. A média das exigências de capital para estas metodologias é maior, porém o número de exceções também é maior, ou seja, os métodos oneram mais, sem que isto represente um ganho em segurança. O Monte Carlo apresenta a pior performance para Telemar e maior média de perdas excedentes. Os resultados para exigência de capital são influenciados pela existência de diversos aglomerados de exceções, resultado de se empregar, no teste diário, retornos de 10 dias úteis.

4.2. Borboleta

4.2.1. Posição Comprada

Nesta estratégia, há risco quando o valor do ativo sofre uma variação acentuada e por isso, é classificada como uma estratégia de venda de volatilidade. Todas as metodologias são rejeitadas para VaR (teste de Kupiec), sempre obtendo proporções de exceções altas. As metodologias históricas apresentam desempenhos razoáveis em relação aos outros métodos, porém os valores máximos de perdas excedentes são muito elevados.

As abordagens delta-gama possuem comportamentos semelhantes, sendo que a Delta-Gama-Delta apresenta resultados mais insatisfatórios para exigência de capital. Isto ocorre devido ao fato de que a maioria dos gamas da carteira (93,4%) é negativa, fazendo com que a metodologia Delta-Gama seja mais conservadora que a Delta-Gama-Delta. O padronizado apresenta uma performance satisfatória para exigência de capital, explicado pela média geral de exigências de capital alta, e possui desvio-padrão geral elevado em relação aos demais métodos (Tabela 7). O Monte Carlo possui a segunda pior performance para VaR e os resultados para exigência de capital também não foram satisfatórios.

4.2.2. Posição Vendida

Nesta posição, o risco ocorre se o valor do ativo-objeto se mantiver próximo ao valor do preço de exercício da opção com preço de exercício intermediário sendo, assim, uma estratégia de compra de volatilidade. A posição vendida da borboleta é

menos arriscada que a comprada, o que pode ser evidenciado pela menor média geral de exigência de capital prevista por todas as metodologias.

Os resultados de VaR e exigência de capital foram bastante insatisfatórios. O método que obtém a melhor performance, tanto de VaR quanto para exigência de capital, é o Delta-Gama-Delta.²⁴ Os métodos históricos possuem comportamentos bastante insatisfatórios e semelhantes entre si. O padronizado apresenta a segunda melhor performance para exigência de capital, explicado pela média geral de exigências de capital alta em relação aos demais métodos, porém possui o desvio-padrão geral elevado. O Monte Carlo obteve resultados melhores apenas que os métodos históricos, além de máximo e média de perdas excedentes maiores que todos os métodos.

4.3. Financiamento

Nesta estratégia, o risco ocorre quando o preço do ativo-objeto diminui, uma vez que a proporção entre os ativos-objeto e as opções na carteira é 1:1. O investidor acredita que o preço do ativo-objeto irá subir, para que consiga uma taxa superior a taxa de juros do ativo livre de risco.

A média geral e o desvio-padrão geral são bem menores do que para as estratégias anteriores (Tabela 7). Dos métodos baseados em VaR, os melhores resultados são obtidos pelo Histórico, tanto para VaR quanto para exigência de capital, destacando-se que esta metodologia ainda apresenta o menor máximo de perdas excedentes. Os piores desempenhos ocorrem para os métodos Delta-Gama-Delta e Monte Carlo.²⁵ O Padronizado obtém o melhor desempenho para opções de Petrobras e o segundo melhor para as de Telemar.

4.4. Delta Neutro

O risco nesta estratégia ocorre para grandes variações de preço do ativo-objeto uma vez que o investidor está com o ativo-objeto protegido em opções apenas com base no delta, não sendo contemplada a convexidade (gama), qua pode causar perdas na

²⁴ Na estratégia borboleta vendida ocorre exatamente o contrário do que na borboleta comprada, ou seja, a maioria dos gamas da carteira (93,4%) é positiva, fazendo com que a metodologia Delta-Gama-Delta seja mais conservadora que a Delta-Gama.

²⁵ Como nesta estratégia há uma posição vendida em opção, a metodologia Delta-Gama-Delta é menos conservadora que a Delta-Gama.

posição.²⁶ Entretanto, outros fatores influenciam esta posição, como o fato da opção perder valor com o passar do tempo (emagrecimento), o que favorece o investidor..

Como no financiamento, o método Histórico obtém os melhores resultados dos métodos baseados em VaR. Porém, para exigência de capital, o Padronizado alcança o melhor desempenho, com um numero de exceções bastante menor e o menor valor máximo das perdas excedentes. O Monte Carlo e as abordagens baseadas no delta-gama não apresentam resultados satisfatórios.

4.5. Comentários Gerais

Todos os modelos apresentam, de uma forma geral, baixo desempenho no teste de Kupiec e na avaliação da EC, o que pode ser devido à grande variação da volatilidade implícita no período estudado, conforme apresentado na Tabela 8.²⁷ Isto pode explicar o relativo melhor desempenho do modelo padronizado, consequência dos altos valores dos coeficientes de variação para o ativo-objeto (R_g e R_e), ao invés de valores dependentes da volatilidade corrente.²⁸

Os modelos de VaR selecionados para este trabalho não contemplam o fator de risco variação da volatilidade, uma vez que buscava-se modelos simplificados e de amplo conhecimento no mercado para fins regulatórios. Poderia, ainda, ter se optado por gerar o VaR com a volatilidade do dia seguinte, porém optou-se por trabalhar com situações reais, isto é, a utilização apenas de dados disponíveis ao final de cada dia.

5. Conclusões e Considerações Finais

O objetivo deste trabalho é avaliar metodologias de cálculo de exigência de capital para estratégias de Telemar e Petrobras no mercado brasileiro. Estas metodologias são as mesmas utilizadas em Barbedo e Araújo (2004), sendo que no citado artigo são utilizadas carteiras de opções de ativos-objeto diferentes. Ao contrário de Barbedo e Araújo (2004), os resultados de VaR e exigência de capital são bastante

²⁶ A proporção entre os ativos-objetos e as opções na carteira é $1:1/\Delta$.

²⁷ Weichert e Lemgruber (2002) reconhecem que a volatilidade da volatilidade exerce forte influência nos preços das opções.

insatisfatórios, sendo todas as metodologias rejeitadas para o VaR pelo teste de proporção de exceções. Este resultado se deve possivelmente à grande variação das volatilidades implícitas no mercado brasileiro. Desta forma, para que um modelo de VaR obtenha um desempenho razoável para estratégias de opções no mercado brasileiro, ele deve necessariamente levar em conta a volatilidade da volatilidade.

Para *call ratio*, borboleta vendida e borboleta comprada, as abordagens baseadas na metodologia delta-gama obtiveram melhores resultados. Para as estratégias financiamento e delta-neutro, os melhores resultados, das abordagens baseadas em VaR, são os das metodologias históricas, apesar do emprego de uma estimativa histórica para a volatilidade como parâmetro da fórmula de Black & Scholes.

A metodologia Monte Carlo apresenta performance bastante insatisfatória. As premissas de que o preço do ativo-objeto segue o movimento geométrico browniano com resíduos normais, a adoção da taxa de juros livre de risco como retorno esperado do ativo para um dia e as mudanças na volatilidade são fatores que podem ter contribuído para este resultado. O Padronizado apresenta bons resultados para borboleta comprada e os melhores, em relação às outras metodologias, para financiamento e delta-neutro. Nas demais, o método apresenta o segundo melhor desempenho, ficando atrás apenas do Delta-Gama-Delta.

Procedimentos diferentes de estimação de volatilidades para emprego nos métodos históricos podem ser necessários a fim de diminuir as elevadas proporções de exceções verificadas. Desta forma, sugere-se a utilização da volatilidade implícita da mesma opção, mesma estimativa utilizada nas outras metodologias deste trabalho, ainda que isto represente uma inconsistência.

A limitação de se trabalhar com somente o segundo termo da fórmula de Basiléia para metodologias baseadas em VaR também se constitui em um fator relevante para não obtenção de resultados satisfatórios de exigência de capital para as estratégias. Desta forma, a utilização de um multiplicador pode ser uma alternativa. Os resultados desta pesquisa também podem ter sido prejudicados pela falta de sincronia entre os preços de fechamento do ativo-objeto e das opções. Além disso, há o fato de

²⁸ É importante observar que a parte relativa ao vega no cálculo do VaR no método padronizado é bastante pequena em relação às partes do delta e do gama.

que são compostas carteiras com amostras pequenas, o que pode distorcer os resultados. Outro problema verificado é a ocorrência de aglomerados de exceções, pelo fato de se trabalhar com retornos de dez dias, que prejudicam o desempenho das carteiras na aferição da exigência de capital. Esta é uma particularidade deste trabalho, uma vez que o Comitê de Basileia não exige *backtesting* para alocação de capital.

Referências

- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks**. January 1996.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Supervisory Framework for the Use of "Backtesting" in Conjunction with the Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements**. January 1996.
- BARBEDO, C.; ARAÚJO, G. **Carteiras de Opções: Avaliação de Metodologias de Exigência de Capital no Mercado Brasileiro**. Trabalho para Discussão nº 82 – <http://www.bcb.gov.br> – Março de 2004.
- BARROS, P.; LEMGRUBER, E.F. **Análise da Relação entre Liquidez e Ganhos de Arbitragem no Mercado de Opções da Telebrás após o Plano Real**. ENANPAD. 1997.
- BEZERRA, F.; CARMONA, C. **Avaliação da Estimativa do Risco de Mercado de Ações e Opções de Compra da Petrobras Utilizando a Metodologia Value at Risk (VaR) com Simulação de Monte Carlo**. ENANPAD. 2001.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, **Journal of Political Economy**, 81 (3): 637-59, May 1973.
- BM&F. Serviços. Sistema de Recuperação de Informações. Resumo Estatístico do Pregão. DI-1 dia. Disponível em www.bmf.com.br. Acesso em: 03 dez. 2002.
- BOUDOUKH, J.; RICHARDSON, M.; WHITELAW, R. The Best of Both Worlds, **Risk** 11 (May), 64-67, 1998.
- CUNHA JR, D.; LEMGRUBER, E. F. **Opções de Dólar no Brasil com Taxas de Juro e de Cupom Estocásticos**, IX Congresso COPPEAD de Administração, Novembro 2002.
- DONANGELO, A.; SILVA, W; LEMGRUBER, E.F. Estimadores de Volatilidades para Modelos de Valor em Risco de Ativos Lineares e Não-Lineares: Investigação para Períodos de Crises e Estáveis no Mercado Brasileiro. **Gestão de Risco e Derivativos – Aplicações no Brasil**. Coppead. Ed. Atlas. 2001.
- DOWD, K. **Measuring Market Risk**. John Wiley & Sons. England. 2002.
- ECONOMATICA: banco de dados. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPEAD. Centro de Estudos em Finanças e Controle. Rio de Janeiro, 2002.
- ESTRELLA, A. *et al.* **The Price Risk of Options Positions: Measurement and Capital Requirements**. Federal Reserve Bank of New York. – Quarterly Review/ Summer-Fall 1994.

- HENDRICKS, D. **Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data**, Economic Policy Review, Federal Reserve Bank of New York, (April), pp. 39-70, 1996.
- HULL, J. **Options, Futures and other Derivatives**. Upper Saddle River: Prentice Hall, five edition, 2002.
- JORION, P. **Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk**. 1st. Edition, McGraw-Hill, 2001.
- KUPIEC, P. **Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models**. Journal of Derivatives, v. 2, p. 73-84, December 1995.
- OLIVEIRA, G. **Informação Implícita em Prêmio de Opções**. São Paulo: USP, 2000. Dissertação de Mestrado.
- PICANÇO, M. **Valor-em-Risco para Ativos Não-Lineares: Análise dos Resultados para Diferentes Metodologias de Cálculo para o Mercado de Opções e Spreads em Ações Telebrás**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2000. Dissertação (Mestrado em Administração)
- PRITSKER, M. **The hidden dangers of historical simulation**. Working paper, Federal Reserve Board (January), 2001.
- RISKMETRICS™, **Technical Document**, 4rd ed. J.P Morgan, 1996.
- WEICHERT, M. e LEMGRUBER, E. **Opções com Barreira: O Mercado é Capaz de Avaliá-las Corretamente?** ENANPAD. 2002.

Banco Central do Brasil

Trabalhos para Discussão

Os Trabalhos para Discussão podem ser acessados na internet, no formato PDF, no endereço: <http://www.bc.gov.br>

Working Paper Series

Working Papers in PDF format can be downloaded from: <http://www.bc.gov.br>

- | | | |
|-----------|---|----------|
| 1 | Implementing Inflation Targeting in Brazil
<i>Joel Bogdanski, Alexandre Antonio Tombini and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 2 | Política Monetária e Supervisão do Sistema Financeiro Nacional no Banco Central do Brasil
<i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| | Monetary Policy and Banking Supervision Functions on the Central Bank
<i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| 3 | Private Sector Participation: a Theoretical Justification of the Brazilian Position
<i>Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 4 | An Information Theory Approach to the Aggregation of Log-Linear Models
<i>Pedro H. Albuquerque</i> | Jul/2000 |
| 5 | The Pass-Through from Depreciation to Inflation: a Panel Study
<i>Ilan Goldfajn and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 6 | Optimal Interest Rate Rules in Inflation Targeting Frameworks
<i>José Alvaro Rodrigues Neto, Fabio Araújo and Marta Baltar J. Moreira</i> | Jul/2000 |
| 7 | Leading Indicators of Inflation for Brazil
<i>Marcelle Chauvet</i> | Sep/2000 |
| 8 | The Correlation Matrix of the Brazilian Central Bank's Standard Model for Interest Rate Market Risk
<i>José Alvaro Rodrigues Neto</i> | Sep/2000 |
| 9 | Estimating Exchange Market Pressure and Intervention Activity
<i>Emanuel-Werner Kohlscheen</i> | Nov/2000 |
| 10 | Análise do Financiamento Externo a uma Pequena Economia
Aplicação da Teoria do Prêmio Monetário ao Caso Brasileiro: 1991–1998
<i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior</i> | Mar/2001 |
| 11 | A Note on the Efficient Estimation of Inflation in Brazil
<i>Michael F. Bryan and Stephen G. Cecchetti</i> | Mar/2001 |
| 12 | A Test of Competition in Brazilian Banking
<i>Márcio I. Nakane</i> | Mar/2001 |

13	Modelos de Previsão de Insolvência Bancária no Brasil <i>Marcio Magalhães Janot</i>	Mar/2001
14	Evaluating Core Inflation Measures for Brazil <i>Francisco Marcos Rodrigues Figueiredo</i>	Mar/2001
15	Is It Worth Tracking Dollar/Real Implied Volatility? <i>Sandro Canesso de Andrade and Benjamin Miranda Tabak</i>	Mar/2001
16	Avaliação das Projeções do Modelo Estrutural do Banco Central do Brasil para a Taxa de Variação do IPCA <i>Sergio Afonso Lago Alves</i>	Mar/2001
	Evaluation of the Central Bank of Brazil Structural Model's Inflation Forecasts in an Inflation Targeting Framework <i>Sergio Afonso Lago Alves</i>	Jul/2001
17	Estimando o Produto Potencial Brasileiro: uma Abordagem de Função de Produção <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Abr/2001
	Estimating Brazilian Potential Output: a Production Function Approach <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Aug/2002
18	A Simple Model for Inflation Targeting in Brazil <i>Paulo Springer de Freitas and Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Apr/2001
19	Uncovered Interest Parity with Fundamentals: a Brazilian Exchange Rate Forecast Model <i>Marcelo Kfoury Muinhos, Paulo Springer de Freitas and Fabio Araújo</i>	May/2001
20	Credit Channel without the LM Curve <i>Victorio Y. T. Chu and Márcio I. Nakane</i>	May/2001
21	Os Impactos Econômicos da CPMF: Teoria e Evidência <i>Pedro H. Albuquerque</i>	Jun/2001
22	Decentralized Portfolio Management <i>Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak</i>	Jun/2001
23	Os Efeitos da CPMF sobre a Intermediação Financeira <i>Sérgio Mikio Koyama e Márcio I. Nakane</i>	Jul/2001
24	Inflation Targeting in Brazil: Shocks, Backward-Looking Prices, and IMF Conditionality <i>Joel Bogdanski, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Alexandre Antonio Tombini</i>	Aug/2001
25	Inflation Targeting in Brazil: Reviewing Two Years of Monetary Policy 1999/00 <i>Pedro Fachada</i>	Aug/2001
26	Inflation Targeting in an Open Financially Integrated Emerging Economy: the Case of Brazil <i>Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Aug/2001

27	Complementaridade e Fungibilidade dos Fluxos de Capitais Internacionais <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior</i>	Set/2001
28	Regras Monetárias e Dinâmica Macroeconômica no Brasil: uma Abordagem de Expectativas Racionais <i>Marco Antonio Bonomo e Ricardo D. Brito</i>	Nov/2001
29	Using a Money Demand Model to Evaluate Monetary Policies in Brazil <i>Pedro H. Albuquerque and Solange Gouvêa</i>	Nov/2001
30	Testing the Expectations Hypothesis in the Brazilian Term Structure of Interest Rates <i>Benjamin Miranda Tabak and Sandro Canesso de Andrade</i>	Nov/2001
31	Algumas Considerações sobre a Sazonalidade no IPCA <i>Francisco Marcos R. Figueiredo e Roberta Blass Staub</i>	Nov/2001
32	Crises Cambiais e Ataques Especulativos no Brasil <i>Mauro Costa Miranda</i>	Nov/2001
33	Monetary Policy and Inflation in Brazil (1975-2000): a VAR Estimation <i>André Minella</i>	Nov/2001
34	Constrained Discretion and Collective Action Problems: Reflections on the Resolution of International Financial Crises <i>Arminio Fraga and Daniel Luiz Gleizer</i>	Nov/2001
35	Uma Definição Operacional de Estabilidade de Preços <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Dez/2001
36	Can Emerging Markets Float? Should They Inflation Target? <i>Barry Eichengreen</i>	Feb/2002
37	Monetary Policy in Brazil: Remarks on the Inflation Targeting Regime, Public Debt Management and Open Market Operations <i>Luiz Fernando Figueiredo, Pedro Fachada and Sérgio Goldenstein</i>	Mar/2002
38	Volatilidade Implícita e Antecipação de Eventos de <i>Stress</i>: um Teste para o Mercado Brasileiro <i>Frederico Pechir Gomes</i>	Mar/2002
39	Opções sobre Dólar Comercial e Expectativas a Respeito do Comportamento da Taxa de Câmbio <i>Paulo Castor de Castro</i>	Mar/2002
40	Speculative Attacks on Debts, Dollarization and Optimum Currency Areas <i>Aloísio Araujo and Márcia Leon</i>	Apr/2002
41	Mudanças de Regime no Câmbio Brasileiro <i>Carlos Hamilton V. Araújo e Getúlio B. da Silveira Filho</i>	Jun/2002
42	Modelo Estrutural com Setor Externo: Endogenização do Prêmio de Risco e do Câmbio <i>Marcelo Kfoury Muinhos, Sérgio Afonso Lago Alves e Gil Riella</i>	Jun/2002

43	The Effects of the Brazilian ADRs Program on Domestic Market Efficiency <i>Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima</i>	Jun/2002
44	Estrutura Competitiva, Produtividade Industrial e Liberação Comercial no Brasil <i>Pedro Cavalcanti Ferreira e Osmani Teixeira de Carvalho Guillén</i>	Jun/2002
45	Optimal Monetary Policy, Gains from Commitment, and Inflation Persistence <i>André Minella</i>	Aug/2002
46	The Determinants of Bank Interest Spread in Brazil <i>Tarsila Segalla Afanasieff, Priscilla Maria Villa Lhacer and Márcio I. Nakane</i>	Aug/2002
47	Indicadores Derivados de Agregados Monetários <i>Fernando de Aquino Fonseca Neto e José Albuquerque Júnior</i>	Set/2002
48	Should Government Smooth Exchange Rate Risk? <i>Ilan Goldfajn and Marcos Antonio Silveira</i>	Sep/2002
49	Desenvolvimento do Sistema Financeiro e Crescimento Econômico no Brasil: Evidências de Causalidade <i>Orlando Carneiro de Matos</i>	Set/2002
50	Macroeconomic Coordination and Inflation Targeting in a Two-Country Model <i>Eui Jung Chang, Marcelo Kfoury Muinhos and Joanílio Rodolpho Teixeira</i>	Sep/2002
51	Credit Channel with Sovereign Credit Risk: an Empirical Test <i>Victorio Yi Tson Chu</i>	Sep/2002
52	Generalized Hyperbolic Distributions and Brazilian Data <i>José Fajardo and Aquiles Farias</i>	Sep/2002
53	Inflation Targeting in Brazil: Lessons and Challenges <i>André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Nov/2002
54	Stock Returns and Volatility <i>Benjamin Miranda Tabak and Solange Maria Guerra</i>	Nov/2002
55	Componentes de Curto e Longo Prazo das Taxas de Juros no Brasil <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Osmani Teixeira de Carvalho de Guillén</i>	Nov/2002
56	Causality and Cointegration in Stock Markets: the Case of Latin America <i>Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima</i>	Dec/2002
57	As Leis de Falência: uma Abordagem Econômica <i>Aloisio Araujo</i>	Dez/2002
58	The Random Walk Hypothesis and the Behavior of Foreign Capital Portfolio Flows: the Brazilian Stock Market Case <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Dec/2002
59	Os Preços Administrados e a Inflação no Brasil <i>Francisco Marcos R. Figueiredo e Thaís Porto Ferreira</i>	Dez/2002

60	Delegated Portfolio Management <i>Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak</i>	Dec/2002
61	O Uso de Dados de Alta Frequência na Estimação da Volatilidade e do Valor em Risco para o Ibovespa <i>João Maurício de Souza Moreira e Eduardo Facó Lemgruber</i>	Dez/2002
62	Taxa de Juros e Concentração Bancária no Brasil <i>Eduardo Kiyoshi Tonooka e Sérgio Mikio Koyama</i>	Fev/2003
63	Optimal Monetary Rules: the Case of Brazil <i>Charles Lima de Almeida, Marco Aurélio Peres, Geraldo da Silva e Souza and Benjamin Miranda Tabak</i>	Feb/2003
64	Medium-Size Macroeconomic Model for the Brazilian Economy <i>Marcelo Kfoury Muinhos and Sergio Afonso Lago Alves</i>	Feb/2003
65	On the Information Content of Oil Future Prices <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Feb/2003
66	A Taxa de Juros de Equilíbrio: uma Abordagem Múltipla <i>Pedro Calhman de Miranda e Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Fev/2003
67	Avaliação de Métodos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco de Mercado de Carteiras de Ações no Brasil <i>Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente</i>	Fev/2003
68	Real Balances in the Utility Function: Evidence for Brazil <i>Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane</i>	Feb/2003
69	r-filters: a Hodrick-Prescott Filter Generalization <i>Fabio Araújo, Marta Baltar Moreira Areosa and José Alvaro Rodrigues Neto</i>	Feb/2003
70	Monetary Policy Surprises and the Brazilian Term Structure of Interest Rates <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Feb/2003
71	On Shadow-Prices of Banks in Real-Time Gross Settlement Systems <i>Rodrigo Penaloza</i>	Apr/2003
72	O Prêmio pela Maturidade na Estrutura a Termo das Taxas de Juros Brasileiras <i>Ricardo Dias de Oliveira Brito, Angelo J. Mont'Alverne Duarte e Osmani Teixeira de C. Guillen</i>	Mai/2003
73	Análise de Componentes Principais de Dados Funcionais – Uma Aplicação às Estruturas a Termo de Taxas de Juros <i>Getúlio Borges da Silveira e Octavio Bessada</i>	Mai/2003
74	Aplicação do Modelo de Black, Derman & Toy à Precificação de Opções Sobre Títulos de Renda Fixa <i>Octavio Manuel Bessada Lion, Carlos Alberto Nunes Cosenza e César das Neves</i>	Mai/2003
75	Brazil's Financial System: Resilience to Shocks, no Currency Substitution, but Struggling to Promote Growth <i>Ilan Goldfajn, Katherine Hennings and Helio Mori</i>	Jun/2003

76	Inflation Targeting in Emerging Market Economies <i>Arminio Fraga, Ilan Goldfajn and André Minella</i>	Jun/2003
77	Inflation Targeting in Brazil: Constructing Credibility under Exchange Rate Volatility <i>André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Jul/2003
78	Contornando os Pressupostos de Black & Scholes: Aplicação do Modelo de Precificação de Opções de Duan no Mercado Brasileiro <i>Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Antonio Carlos Figueiredo, Eduardo Facó Lemgruber</i>	Out/2003
79	Inclusão do Decaimento Temporal na Metodologia Delta-Gama para o Cálculo do VaR de Carteiras Compradas em Opções no Brasil <i>Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo, Eduardo Facó Lemgruber</i>	Out/2003
80	Diferenças e Semelhanças entre Países da América Latina: uma Análise de Markov Switching para os Ciclos Econômicos de Brasil e Argentina <i>Arnildo da Silva Correa</i>	Out/2003
81	Bank Competition, Agency Costs and the Performance of the Monetary Policy <i>Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane</i>	Jan/2004
82	Carteiras de Opções: Avaliação de Metodologias de Exigência de Capital no Mercado Brasileiro <i>Cláudio Henrique da Silveira Barbedo e Gustavo Silva Araújo</i>	Mar/2004
83	Does Inflation Targeting Reduce Inflation? An Analysis for the OECD Industrial Countries <i>Thomas Y. Wu</i>	May/2004
84	Speculative Attacks on Debts and Optimum Currency Area: A Welfare Analysis <i>Aloisio Araujo and Marcia Leon</i>	May/2004
85	Risk Premia for Emerging Markets Bonds: Evidence from Brazilian Government Debt, 1996-2002 <i>André Soares Loureiro and Fernando de Holanda Barbosa</i>	May/2004
86	Identificação do Fator Estocástico de Descontos e Algumas Implicações sobre Testes de Modelos de Consumo <i>Fabio Araujo e João Victor Issler</i>	Mai/2004
87	Mercado de Crédito: uma Análise Econométrica dos Volumes de Crédito Total e Habitacional no Brasil <i>Ana Carla Abrão Costa</i>	Dez/2004
88	Ciclos Internacionais de Negócios: uma Análise de Mudança de Regime Markoviano para Brasil, Argentina e Estados Unidos <i>Arnildo da Silva Correa e Ronald Otto Hillbrecht</i>	Dez/2004
89	O Mercado de Hedge Cambial no Brasil: Reação das Instituições Financeiras a Intervenções do Banco Central <i>Fernando N. de Oliveira</i>	Dez/2004

- | | | |
|----|--|----------|
| 90 | Bank Privatization and Productivity: Evidence for Brazil
<i>Márcio I. Nakane and Daniela B. Weintraub</i> | Dec/2004 |
| 91 | Credit Risk Measurement and the Regulation of Bank Capital and Provision Requirements in Brazil – A Corporate Analysis
<i>Ricardo Schechtman, Valéria Salomão Garcia, Sergio Mikio Koyama and Guilherme Cronemberger Parente</i> | Dec/2004 |
| 92 | Steady-State Analysis of an Open Economy General Equilibrium Model for Brazil
<i>Mirta Noemi Sataka Bugarin, Roberto de Goes Ellery Jr., Victor Gomes Silva, Marcelo Kfoury Muinhos</i> | Apr/2005 |
| 93 | Avaliação de Modelos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco Cambial
<i>Claudio H. da S. Barbedo, Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente</i> | Abr/2005 |
| 94 | Simulação Histórica Filtrada: Incorporação da Volatilidade ao Modelo Histórico de Cálculo de Risco para Ativos Não-Lineares
<i>Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo e Eduardo Facó Lemgruber</i> | Abr/2005 |
| 95 | Comment on Market Discipline and Monetary Policy by Carl Walsh
<i>Maurício S. Bugarin and Fábria A. de Carvalho</i> | Apr/2005 |
| 96 | O que É Estratégia: uma Abordagem Multiparadigmática para a Disciplina
<i>Anthero de Moraes Meirelles</i> | Ago/2005 |
| 97 | Finance and the Business Cycle: a Kalman Filter Approach with Markov Switching
<i>Ryan A. Compton and Jose Ricardo da Costa e Silva</i> | Aug/2005 |
| 98 | Capital Flows Cycle: Stylized Facts and Empirical Evidences for Emerging Market Economies
<i>Helio Mori e Marcelo Kfoury Muinhos</i> | Aug/2005 |